

基于层次分析法的物资箱组选型方法研究

王曦, 李立顺, 赵重年, 李红勋
(陆军军事交通学院, 天津 300171)

摘要: **目的** 分析箱组化单元包装在选型过程中的影响因素, 为物资箱组的采购提供科学决策方法。**方法** 采用层次分析法, 设计科学可行的决策思路, 建立满足需求的选型评价体系, 并通过实际采购任务验证方法的可行性。**结果** 使用文中的选型评价体系和选型方法对某单位仓库箱组采购任务进行了需求分析, 最终从市场上的100型箱组中筛选出2种满足需求的目标箱组, 验证了选型方法的可行性、科学性。**结论** 通过层次分析法建立的物资箱组选型评价体系, 能够科学、高效地帮助需求单位进行箱组选型, 满足箱组化单元包装的选型需求, 可为箱组集装箱化的发展提供参考。

关键词: 箱组化; 集装箱化; 层次分析法

中图分类号: TB491 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)11-0175-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.11.020

Selection Method of Material Box Group Based on AHP

WANG Xi, LI Lishun, ZHAO Zhongnian, LI Hongxun

(Army Military Transportation University, Tianjin 300171, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the influencing factors of box grouping unit packaging in the selection process, so as to provide a scientific decision-making method for the procurement of material box groups. The analytic hierarchy process (AHP) was used to design scientific and feasible decision-making ideas and establish a selection evaluation system in line with the needs and the feasibility of the method was verified by actual procurement tasks. The selection evaluation system and selection method proposed are adopted to analyze the needs of box group procurement task in the warehouse of some certain company, and finally two target box groups in line with the needs were selected from 100 box groups in the market, which verified the feasibility and scientificity of the selection method. The evaluation system of material box group selection established by analytic hierarchy process can scientifically and efficiently help demand companies to select boxes, which meets the selection needs of box group unit packaging, and provides reference for the development of container group containerization.

KEY WORDS: box grouping; containerization; analytic hierarchy process

随着集装箱化包装形式、材料、器材和技术的快速发展, 集装箱化作为包装贮存、运输、补给的重要基础手段, 逐渐成为世界发达国家物资保障的主要模式^[1-2]。箱组形式的集装箱化包装相较于传统平托盘集装单元, 具有更加灵活、功能更强大的特点^[3], 对于提高存储、装卸、分发、运输效率, 减少破损, 保障安全具有重要作用, 已广泛应用于物资储运领域。

目前, 市场上各类物资箱组的型号、规格较杂乱,

尺寸不统一, 且不同箱组之间的配套性较差, 不利于标准化存储、装卸搬运及运输作业的实施。由此可见, 在箱组采购时按照需求科学选型显得至关重要, 本文借鉴层次分析法对箱组选型时的决策问题进行分析研究^[4]。

1 选型原则

箱组选型原则应坚持标准化、通用化, 兼顾储运

一体便捷性,并考虑经济性等,严格按照相关国家标准,结合储运一体的保障应用实际,明确物资箱组的选型种类^[5]。

1) 遵循国家标准。箱组化的本质是单元集装,最典型的单元集装是平托盘,因此在箱组尺寸选型上应遵循平托盘和包装尺寸相关的国家标准。主要针对 GB/T2934—2007、GB/T4892—2021、GJB 183A—1999、GJB 184A—1999、GJB1918A—2020^[6-10]等推荐的 1 200 mm× 800 mm、1 200 mm×1 000 mm、1 100 mm×1 100 mm 等 3 种尺寸进行分析。

2) 应便于实施集装化储运、机械化作业。仓储物资由仓库进入运输环节后,应符合集装化储运一体的要求,兼具可机械化作业能力,从而降低劳动强度,提升保障效能。此外,箱组的规格不宜过大,以保留缺少机械化作业手段时人工搬运的接口。

3) 充分考虑各类成本。首先考虑箱组制造成本,应选用经济实惠的材料。其次,考虑储运空间成本,包括物资在箱组中的空间利用率和箱组在运载工

具中的空间利用率。最后,还要考虑日常维护保养的管理成本等。

2 方法概述

层次分析法是较经典的多指标综合评价方法^[11-13],可针对若干对象,按照一定意义进行排序,并从中挑选出最优或最劣的对象。该方法将定性分析与定量分析相结合,构建一个层次结构模型,通过一定规则把复杂的决策过程数学化,从而求解多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题^[14]。具体步骤如下。

1) 构造层次分析结构。将决策问题层次化,分为目标层、准则层、方案层(图 1),用一定标度客观地量化影响因素。

2) 构造判断矩阵。针对准则层影响因素进行量化分析,采用层次分析法引入 1~9 标度法(表 1),通过各层级不同元素之间的两两对比,构造判断矩阵。例如,某影响因素 A 对下一层影响因素 $a\sim n$ 构造的判断矩阵如表 2 所示。

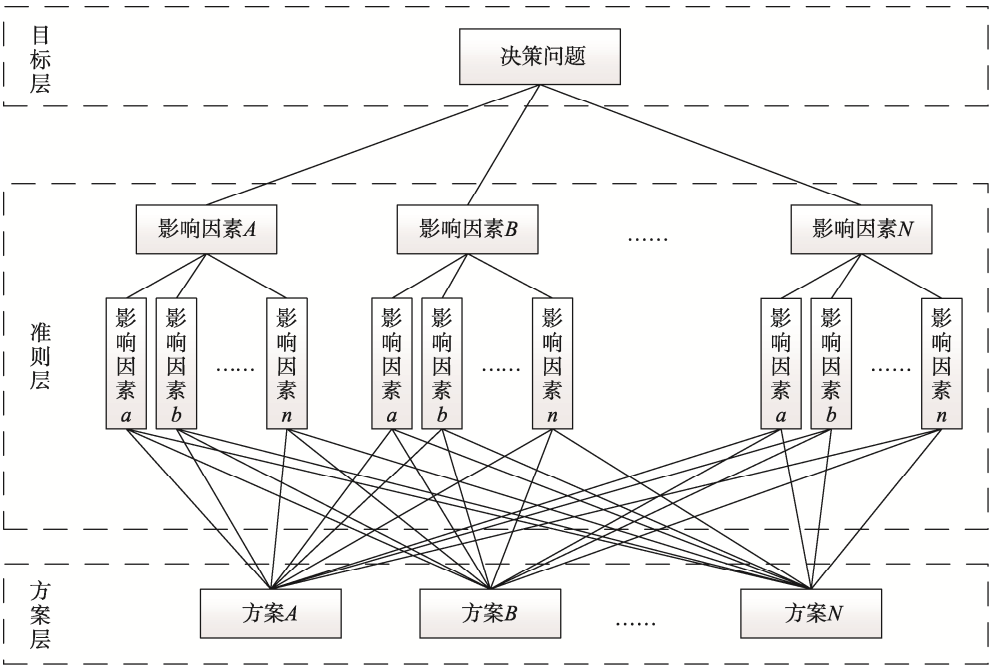


图 1 层次分析法结构模型
Fig.1 Structural model of AHP

表 1 层次分析法评价尺度
Tab.1 Evaluation scale of analytic hierarchy process

标度 C	含义
1	影响因素 x_i 与 x_j 同等重要
3	影响因素 x_i 比 x_j 稍微重要
5	影响因素 x_i 比 x_j 明显重要
7	影响因素 x_i 比 x_j 强烈重要
9	影响因素 x_i 比 x_j 极端重要
2、4、6、8	用于上述标准之间的折中值

表 2 影响因素 A 判断矩阵
Tab.2 Judgment matrix of influencing factor A

影响因素 A	影响因素 a	影响因素 b		影响因素 n
影响因素 a	C_{aa}	C_{ab}		C_{an}
影响因素 b	C_{ba}	C_{bb}		C_{bn}
.....				
影响因素 n	C_{na}	C_{nb}		C_{nn}

3) 判断矩阵一致性检验。为了避免各影响因素之间出现矛盾的情况, 通过随机一致性比例 C_R 来检验判断矩阵的一致性, 见式 (1)。

$$C_R = \frac{C_1}{R_1}$$

(1)

式中: C_1 为判断矩阵一致性指标, 通过式 (2) 计算; R_1 为平均随机一致性指标, 为常数, 根据判断矩阵阶数取值。当 C_R 小于 0.1 时, 认为判断矩阵满足一致性要求, 否则需要调整判断矩阵。

$$C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

(2)

式中: n 为判断矩阵阶数; $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵的最大特征根。

4) 权重计算及层次排序。根据判断矩阵计算各因素的权重, 假设判断矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times m}$, 将矩阵中的元素进行归一化处理, 见式 (3)。

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(3)

将归一化后矩阵的各元素按同行相加, 并按矩阵阶数均分, 即得到各影响因素的权重, 见式 (4)。

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(4)

根据权重对方案层进行排序, 即可得到各方案的优劣次序。需要说明的是, 在使用层次分析法构造判断矩阵时, 对比不同因素的重要性中人为评价的不可控因素较大, 因此约定构造判断矩阵时, 通过定量分析与定性分析相结合的手段, 将同一级别的因素指标进行优势排序。为防止单一因素对结果产生决定性影响, 在排序时认为前一名次比后一名次稍微重要, 即

以判断矩阵标度 3 进行无量纲计算; 前一名次比后二名次较为重要, 即以判断矩阵标度 5 进行无量纲计算, 以此类推^[15-17]。

3 评价体系建立

在选型过程中, 为了简化选型流程, 提高实际选型中的可操作性, 在选型分析时采用逐步筛选方式, 分别对选型要素进行分析。根据市场调研结果, 采购单位在箱组选型时大多关注材料、尺寸、结构形式 3 个方面。以这 3 个要素为构建层次分析法的决策目标, 按照材料选取—尺寸选取—结构形式的基本路线, 分别建立评价指标体系, 再梳理市场已有箱组型号。依据评价体系筛选出目标方案, 如图 2 所示。根据市场调研及经验分析, 形成了如图 3 所示的箱组选型评价指标体系。

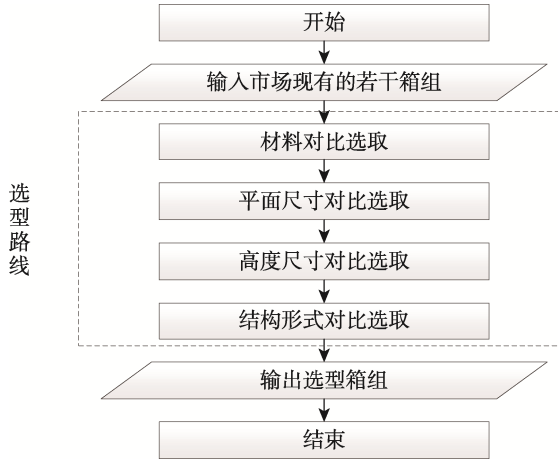


图 2 箱组选型流程
Fig.2 Schematic diagram of box group selection process

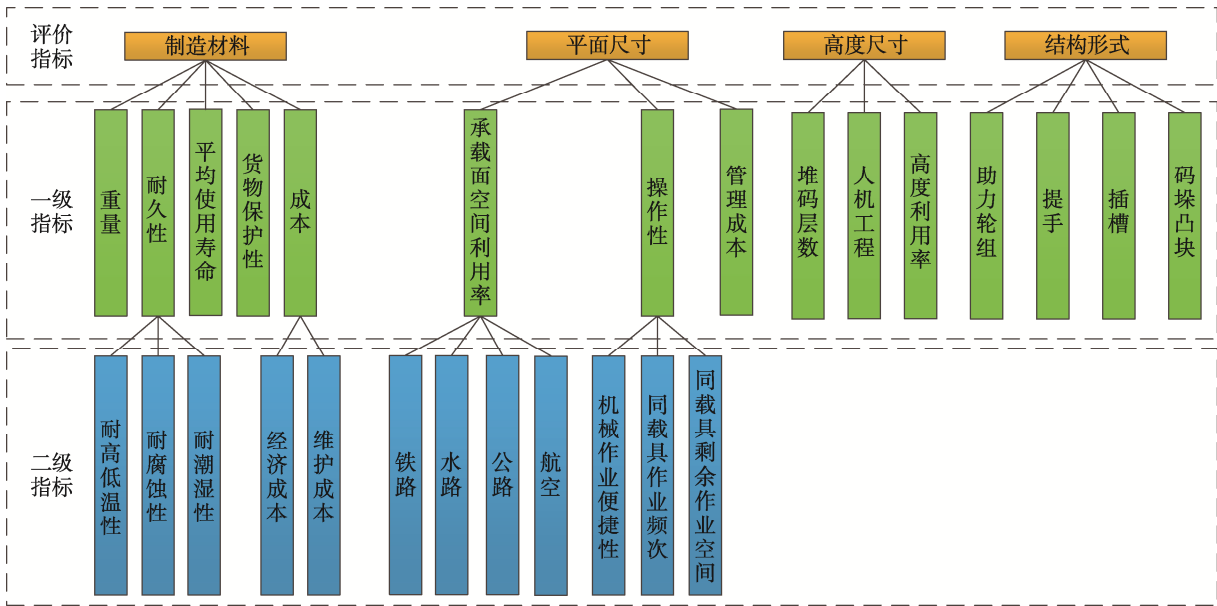


图 3 箱组选型评价指标体系简图
Fig.3 Diagram of box group selection evaluation index system

如图 3 所示,同载具作业频次指相同型号箱组装满同一个载运工具所需的作业次数;同载具剩余作业空间指在同一载运工具上装载相同型号箱组时,当同一排或列装满最大数量后,运载工具上该排或列剩余的作业空间;人机工程指在日常使用过程中取拿物资的便捷性。此外,评价指标体系中所描述的空间利用率、高度利用率、堆码层数等均指箱组在载运工具中的情况。下面对每个分指标进行影响因素重要程度分析。

1) 制造材料。一级指标:箱组的重量关系到物资运输的便捷性、耐久性、平均使用寿命,货物保护性关系到日常使用的质量问题。这些指标都是制约箱组在日常战备训练和实战中发挥作用的关键要素,因此他们之间的重要程度相同。相比之下,成本可以稍作牺牲。耐久性的二级指标:根据箱组的应用场景,箱组在 3 种极端环境下的耐久性同等重要。成本的二级指标:箱组在制造时的经济成本和在日常使用管理中的维护成本同等重要。

2) 平面尺寸。一级指标:根据箱组的应用场景,物资运输效率是保障任务的关键要素,承载面空间利用率作为影响物资运输效率的直接因素,理应成为最

重要的指标;其次,操作性影响物资装卸效率,会间接影响运输效率;与前 2 项相比,管理成本的重要程度较低。承载面空间利用率的二级指标:在铁路、水路、公路、航空 4 种运输方式中,箱组的空间利用率重要程度相同。操作性的二级指标:机械化作业的操作难度直接影响物资装卸操作性,重要程度最高;同载具作业频次和剩余作业空间同样关系到箱组在运载工具中的操作难度,他们之间同等重要。

3) 高度尺寸。一级指标:与平面尺寸有所区别,在箱组应用场景中,高度尺寸需要适应人体在日常使用中频繁取放的动作,对人机工程的要求非常高,因此重要程度更高;其次,高度利用率和堆码层数均会影响运载工具的空间利用率,因此同等重要。

4) 结构形式。一级指标:本指标体系中列出的 4 种结构形式为目前市场上常见的类型,均是提高物资运输效率的有益元素,因此同等重要。

根据上述分析得到各层级影响因素之间的重要程度,按层级分析法,列出对应的判断矩阵,计算得到每级指标对应的权重,为下一步方案选型构建框架,如表 3 所示。

表 3 箱组选型评价指标体系
Tab.3 Evaluation index system of box group selection

序号	评价指标	一级指标	重要程度排序	权重	二级指标	重要程度排序	权重
1	制造材料	重量		0.230 8			
		耐久性	重量=耐久性=平均使用寿命=	0.230 8	耐高低温性	耐高低温性=耐	0.333 3
		平均使用寿命	货物保护性>	0.230 8	耐腐蚀性	潮湿性=耐腐	0.333 3
		货物保护性	成本	0.230 8	耐潮湿性	蚀性	0.333 3
		成本		0.076 8	经济成本	经济成本=维护	0.5
					维护成本	成本	0.5
2	平面尺寸	承载面空间利用率	空间利用率>操作性>管理成本	0.633 3	铁路		0.25
					公路	铁路=公路=水	0.25
					水路	路=航空	0.25
					航空		0.25
		操作性		0.260 5	机械作业便捷性	机械作业便捷性>同载具作	0.6
					同载具作业频次	业频次=同载具	0.2
3	高度尺寸	助力轮组		0.25	同载具剩余作业空间	剩余作业空间	0.2
		提手		0.25			
		插槽		0.25			
		码垛凸块		0.25			

4 方案选型

为了检验上述评价体系的实用性,结合某单位仓库箱组采购任务进行箱组选型,将市场调研的 100 型箱组输入评价体系中,按指标顺序进行筛选。

问题描述:某物资仓库针对用户单位常年存储应急救援类物资,物资类型主要面向人工可操作的小型救援设备,该仓库用于物资的日常存储、倒运,曾多次采购不同类型集装器具,其规格型号杂乱、质量程度不一,影响了库房管理效率。为了提高物资储运效率,拟更换一批符合物资存储、仓库管理、使用操作等要求的适用箱组。

4.1 制造材料

100 型箱组包括木质箱(方案 A)、金属质箱(方案 B)、纸质箱(方案 C)、滚塑箱(方案 D)等 4 种材质。各方案的优势排序根据市场调研结果得到,其优势排序及权重计算如表 4~5 所示。

分析结果表明,方案 D(滚塑箱)的综合评价最高,获评价值为 0.329 6,高于其他 3 种方案,因此箱组的制造材料选择滚塑箱。

4.2 平面尺寸

根据选型原则,箱组的平面尺寸从国标给出的 3 种尺寸中选取,即将 1 200 mm×800 mm(方案 A)、1 200 mm×1 000 mm(方案 B)和 1 100 mm×1 100 mm

(方案 C) 3 种尺寸作为方案层输入箱组平面尺寸,其指标的优势排序及权重计算如表 6~7 所示。其中,在评价承载面空间利用率时,选取箱组在铁路、公路、水路、航空运输场景下使用的 27 型运载工具,分别计算 3 种方案的承载面空间利用率,根据利用率确定优势排序。同理,操作性评价指标的优势排序也通过数据计算得到。

表 4 箱组选型制造材料指标评价

Tab.4 Manufacturing material index evaluation of box group selection

目标层	指标名称	优势程度排序
箱组制造材料选型	重量	方案 C>方案 D>方案 A>方案 B
	耐久低温性	方案 B>方案 D>方案 A>方案 C
		方案 D>方案 A>方案 C>方案 B
	耐腐蚀性	方案 D>方案 B=方案 A>方案 C
	耐潮湿性	方案 B>方案 D>方案 A>方案 C
	平均寿命	方案 B=方案 D>方案 A>方案 C
	货物保护性	方案 C>方案 A>方案 D>方案 B
		方案 C>方案 D>方案 A>方案 B

表 5 箱组选型制造材料综合评价排序

Tab.5 Comprehensive evaluation and ranking of manufacturing materials for box group selection

一级指标	一级指标权重	方案 A	方案 B	方案 C	方案 D
重量	0.230 8	0.121 9	0.056 9	0.557 9	0.263 3
耐久性	0.230 8	0.188 4	0.300 2	0.083	0.428 4
平均寿命	0.230 8	0.116 9	0.547 9	0.052 1	0.283 1
货物保护性	0.230 8	0.153 5	0.388 9	0.068 7	0.388 9
成本	0.076 8	0.192 6	0.056 9	0.557 9	0.192 6
综合权重		0.148 8	0.303	0.218 7	0.329 5

表 6 箱组选型平面尺寸指标评价

Tab.6 Plane size index evaluation of box group selection

目标层	指标名称	优势程度排序
箱组平面尺寸选型	承载面空间利用率	铁路 方案 A>方案 C>方案 B
		公路 方案 C>方案 B>方案 A
		水路 方案 C>方案 B>方案 A
		航空 方案 B>方案 C>方案 A
	操作性	机械作业便捷性 方案 C>方案 B>方案 A
		同载具作业频次 方案 C>方案 B>方案 A
		同载具剩余作业空间 方案 A>方案 C>方案 B
	管理成本	方案 C>方案 A=方案 B

表 7 箱组选型平面尺寸综合评价
Tab.7 Comprehensive evaluation and ranking of plane size for box group selection

一级指标	一级指标权重	方案 A	方案 B	方案 C
空间利用率	0.633 3	0.238	0.315 1	0.446 9
操作便捷性	0.260 5	0.211 6	0.229 7	0.558 7
管理成本	0.106 2	0.2	0.2	0.6
综合权重		0.227 1	0.280 6	0.492 3

分析结果表明, 方案 C (1 100 mm×1 100 mm) 的综合评价最高, 获评价值为 0.492 3, 高于其他 2 种方案, 因此箱组的平面尺寸选型结果为 1 100 mm×1100 mm。

4.3 高度尺寸

将前 2 个步骤选出的候选箱组高度作为方案输入箱组高度, 并在尺寸选型评价体系中进行选型, 分别为 450 mm (方案 A)、500 mm (方案 B)、600 mm (方案 C)、700 mm (方案 D)、800 mm (方案 E)、1 000 mm (方案 F), 指标的优势顺序及权重计算如表 8~9 所示。其中, 堆码层数和高度利用率的重要程度与平面尺寸评价指标类似, 方案箱组在不同运载工具中的装载效果通过计算得到。在评价人机工

程指标时, 采用专家打分方法, 在箱组使用单位随机抽选 100 人对各方案进行评分, 按得分高低确定其优势顺序。

表 8 箱组选型高度尺寸指标评价
Tab.8 Height index evaluation for box group selection

目标层	指标名称	优势程度排序
箱组高度尺寸选型	堆码层数	方案 A > 方案 B > 方案 C > 方案 D > 方案 E > 方案 F
	高度利用率	方案 B > 方案 D > 方案 E > 方案 A > 方案 C > 方案 F
	人机工程	方案 D > 方案 C > 方案 E > 方案 B > 方案 F > 方案 A

分析结果表明, 方案 D (700 mm) 的综合评价最高, 获评价值为 0.297 9, 高于其他 5 种方案, 因此箱组高度尺寸选择 700 mm。

4.4 结构形式

经过进一步筛选, 候选箱组仅剩 4 型, 将 4 种方案输入箱组结构形式选型评价体系, 并进行分析。按照各方案具备的结构元素数量得到其优势排序, 排序结果及权重如表 10~11 所示。

分析结果表明, 方案 A 和方案 B 的综合评价最高, 获评价值为 0.293 7。

表 9 箱组选型高度尺寸综合评价
Tab.9 Comprehensive evaluation and ranking of height for box group selection

一级指标	一级指标权重	方案 A	方案 B	方案 C	方案 D	方案 E	方案 F
堆码层数	0.2	0.379 5	0.248 8	0.160 4	0.102 4	0.065 5	0.043 4
人机工程	0.6	0.043 5	0.102 4	0.248 8	0.379 4	0.160 4	0.065 5
物资装载量	0.2	0.102 5	0.379 4	0.065 5	0.248 8	0.160 4	0.043 4
综合权重		0.122 5	0.187	0.194 5	0.297 9	0.141 4	0.056 7

表 10 箱组选型结构形式指标评价
Tab.10 Structural form index evaluation for box group selection

目标层	指标名称	优势程度排序
箱组结构形式选型	助力轮	方案 A=方案 B=方案 C > 方案 D
	提手	方案 A=方案 B=方案 C=方案 D
	插槽	方案 A=方案 B > 方案 C=方案 D
	码垛凸块	方案 A=方案 B=方案 C=方案 D

表 11 箱组选型结构形式综合评价
Tab.11 Comprehensive evaluation and ranking of structural form for box group selection

一级指标	一级指标权重	方案 A	方案 B	方案 C	方案 D
助力轮	0.25	0.3	0.3	0.3	0.1
提手	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
插槽	0.25	0.375	0.375	0.125	0.125
码垛凸块	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
综合权重		0.293 7	0.293 7	0.231 3	0.181 3

4.5 选型结果

经过上述4个步骤的筛选,最终从100型箱组中筛选出符合要求的箱组2型(如图4所示),分别是尺寸为1100 mm×1100 mm×700 mm、1100 mm×550 mm×700 mm的改装滚塑箱组。该箱组可独立使用,也可合并组装。



a 方案A箱组实物

b 方案B箱组实物

图4 箱组选型结果展示

Fig.4 Display of box group selection results

在箱组选型完成后,经物资适装性测评,可满足库房绝大多数物资的存储要求。该仓库在采购任务完成后,经多次储运实践检验,在同等库房条件下,箱组经过堆垛,加大了物资存储总量;在同等运输条件下,库房内的作业时间缩短,操作人员的作业强度降低,运输效率有所提高,仓库总体运行能效得到有效提升。

5 结语

针对箱组集装化中物资箱组的选型问题,基于层次分析法设计了选型思路,建立了一套涉及箱组材料、尺寸及结构形式的选型评价体系,并通过实际采购任务验证选型方法的可操作性和实用性。在实际应用中,采购单位可结合自身物资种类、库房条件、使用需求,按文中方法构建适用的选型评价体系,科学准确地从市场上选出适于运输和使用的物资箱组。

参考文献:

- [1] 王艳芳,王建民,杨旭东. 借鉴美国海军经验推进海军物资集装化建设[J]. 包装工程, 2021, 42(11): 261-267.
WANG Y F, WANG J M, YANG X D. Learn from the Experience of the US Navy Accelerate the Construction of Containerized Packaging of Naval Materials[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(11): 261-267.
- [2] 边浩然,祁德元,安建宾,等. 海军战术弹药仓库托盘化、集装化保障研究[J]. 包装工程, 2020, 41(1): 217-222.
BIAN H R, QI D Y, AN J B, et al. Palletized and Containerized Supply of Navy Tactic Ammunition Depots[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(1): 217-222.
- [3] 靳连金. 钢制托盘箱在集装化运输中的应用[J]. 天津科技, 2019, 46(7): 73-76.
JIN L J. Application of Steel Pallet in Containerized Transportation[J]. Tianjin Science & Technology, 2019, 46(7): 73-76.
- [4] 陈海艳,周京京,王开勇. 军用物资包装尺寸标准化建设研究[J]. 军事交通学院学报, 2016, 18(3): 45-48.
CHEN H Y, ZHOU J J, WANG K Y. Standardization Construction of Military Materials Package Size[J]. Journal of Military Transportation University, 2016, 18(3): 45-48.
- [5] 李红勋,王曦,赵重年,等. 基于运载工具尺寸参数的军用标准平托盘装运适应性研究[J]. 物流技术, 2022, 41(8): 124-127.
LI H X, WANG X, ZHAO Z N, et al. Research on Adaptability of Military Standard Flat Pallet Shipment Based on Carrier Size Parameters[J]. Logistics Technology, 2022, 41(8): 124-127.
- [6] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 联运通用平托盘主要尺寸及公差: GB/T 2934—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. General-Purpose Flat Pallets for through Transit of Goods-Principal Dimensions and Tolerances: GB/T 2934-2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [7] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 硬质直方体运输包装尺寸系列: GB/T 4892—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Dimensions of Rigid Rectangular Transport Packages: GB/T 4892-2021[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [8] 中国人民解放军总后勤部. 军用平托盘基本尺寸和额定载重量: GJB183A—1999[S]. 北京: 国家军用标准出版发行部, 1999.
The General Logistics Department of PLA. Military Flat Pallet-Basic Dimensions and Rated Loads: GJB183A-1999[S]. Beijing: National Military Standard Publishing and Distribution Department, 1999.
- [9] 中国人民解放军总后勤部. 军用立柱式托盘和箱式托盘基本尺寸和额定载重量: GJB184A—1999[S]. 北京: 国家军用标准出版发行部, 1999.
The General Logistics Department. Military Post Pallet and Box Pallet-basic Dimensions and Rated Loads: GJB184A-1999[S]. Beijing: National Military Standard Publishing and Distribution Department, 1999.

- [10] 中央军委装备发展部. 军用平托盘基本尺寸和额定载重量: GJB1918A—2020[S]. 北京: 国家军用标准出版发行部, 2020.
- Equipment Development Department. Palletized Unit Loads: GJB1918A-2020[S]. Beijing: National Military Standard Publishing and Distribution Department, 2020.
- [11] 薛文斌, 庞国楹. 应急交通运输装备管理综合评价[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2021: 23-25.
- XUE W B, PANG G Y. Comprehensive Evaluation of Emergency Transportation Equipment Management[M]. Tianjin: Tianjin Scientific & Technical Publishers, 2021: 23-25.
- [12] 钟蕾, 杨晴. 基于层次分析的天津桥梁文创设计研究[J]. 包装工程, 2023, 44(10): 347-353.
- ZHONG L, YANG Q. Cultural and Creative Design of Tianjin Bridges Based on AHP[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(10): 347-353.
- [13] 朱霞, 陈晓峰, 林从光, 等. 模糊层次分析法在军用物资包装方案评价中的应用[J]. 物流技术, 2009, 28(3): 148-151.
- ZHU X, CHEN X F, LIN C G, et al. Application of FAHP in the Evaluation of Military Supplies Package Scheme[J]. Logistics Technology, 2009, 28(3): 148-151.
- [14] 马武彪, 朱霞, 汪春晖, 等. 多目标规划在军用物资包装优化中的应用[J]. 包装工程, 2007, 28(2): 102-104.
- MA W B, ZHU X, WANG C H, et al. Application of Multi-Objective Programming in Military Material Packaging Optimization[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(2): 102-104.
- [15] RIDWAN P, FADILA F G, DHARMA A F, et al. Numerical Fact-Finding of Different Functions Impact on the Fuzzy Preference Programming Optimality[J]. Expert Systems With Applications, 2024, 236: 121291.
- [16] AZADI A, ZAREIAN G, SHAKERI S. Digital Mapping of Soil Fertility for Some Agricultural Lands by Using Fuzzy-AHP (FAHP) Techniques and GIS in Highly Calcareous Soil, Southwest Iran[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2023, 54(20): 2885-2897.
- [17] MEWAFY A A, KADDAH S S, ELADAWY M. Multi-Objective Optimal DG Placement Approach Using Analytical Hierarchy Process[J]. Electric Power Components and Systems, 2023, 51(15): 1648-1663.